УДК 621.396.41

СЕМЕНКО А.І., д.т.н., професор (Державний університет телекомунікацій),
ШОКОТЬКО А.А., провідний інженер (ТОВ «Huawei»),
СМІЛЯНСЬКИЙ А.О., аспірант (Державний університет телекомунікацій)

Спосіб покращення відношення сигнал/шум в дуплексній цифровій радіорелейній системі зв'язку при наявності опадів

Розглядається дуплексна цифрова радіорелейна система зв'язку, в якій мають місце загасання сигналу при наявності опадів та погіршення відношення сигнал/шум і помилки прийому сисгналу. Пропонується створення модернізованих станцій радіорелейного зв'язку, які дозволяють автоматично відновлювати відношення сигнал/шум шляхом зменшення смуги пропускання приймачів та збільшення кількості позицій сигналу для відновлення швидкості передачі інформації.

Ключові слова: *цифрова радіорелейна система, помилка прийому сигналу, опади, відношення сигнал/шум, смуга пропускання, фільтр проміжної частоти.*

Вступ

Найважливішою вимогою до роботи радіорелейної системи зв'язку є забезпечення потрібної якості прийому сигналу, яка визначається помилкою, що залежить від відношення сигнал/шум. Оскільки шуми в системі визначаються шириною смуги пропускання приймача і не змінюються під час роботи системи, відношення сигал/шум визначається величиною сигналу, яка суттєво змінюється в залежності від атмосферних умов. В роботі пропонується метод адаптації дуплексної цифрової радоірелейної системи до атмосферних умов при наявності опадів.

Забезпечення потрібного відношення сигнал/шум при втратах сигналу

Відомо, що опади суттєво впливають на загасання сигналу в атмосфері на частотах, більших 1 ГГц, тобто в частотному діапазоні, де в основному працюють радіорелейні системи зв'язку (рис. 1) [1, 2].

При збільшенні інтенсивності опадів збільшується загасання сигналу, що призводить до зменшення відношення сигнал/шум та відповідно до збільшення помилки прийому сигналу.

Відновлення потрібного відношення сигнал/ шум можливо методом «грубої сили» – підвищенням потужності передавача, однак це призводить до погіршення електромагнітної сумісності обладнання, надмірних енерговитрат, особливо при акумуляторному живленні, та підвищення шкідливості впливу електромагнітного випромінювання на здоров'я людей.

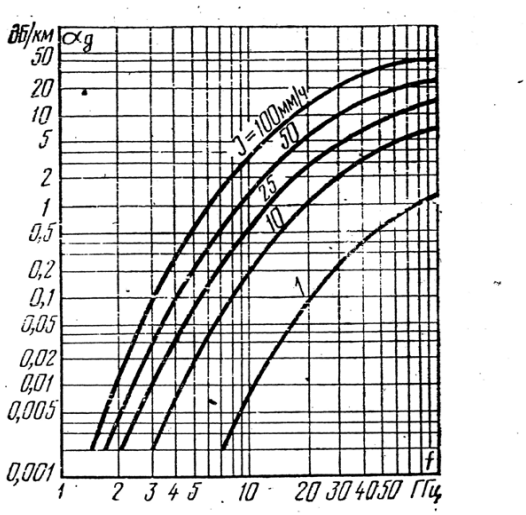

Рис. 1. Загасаннння сигналу при наявності опадів

Суттєвий вплив на відношення сигнал/ шум має також потужність шумів, яка визначається формулою Г. Найквіста

$$P = \kappa T \Delta f \,, \qquad (1)$$

де k- стала Больцмана, k=1,38 х 10^{-23} Вт/Гц*Град;

T- шумова температура приймальної системи;

Δf-смуга пропускання приймача.

Очевидно, що для ефективного зменшення потужності шумів доцільно зменшувати смугу пропускання приймача.

© А.І. Семенко, А.А. Шокотько, А.О. Смілянський, 2014

В роботі запропонована система радіорелейного зв'язку, в якій використовуються модернізовані радіорелейні станції, що дозволяють здійснювати автоматичне зменшення смуги пропускання їх приймачів при збільшенні загасання сигналу через опади (рис. 2).

Система побудована на основі 2-х цифрових радіорелейних станцій *Р1* та *Р2*, які працюють на двох близьких робочих частотах f_1 та f_2 через вільний простір *11*, в якому виникають додаткові загасання сигналу через опади від хмари *12* . До складу кожної радіорелейної станції входять передавач –послідовно з'єднані джерело інформації *1*, кодер *2*, модулятор *3*, фільтри проміжної частоти *4*, підсилювач проміжної частоти *5*, перетворювач частоти 1 *6*, підсилювач потужності *7*, смуговий фільтр *8* та приймач - послідовно з'єднані малошумливий підсилювач *15*, перетворювач частоти 2 *16*, демодулятор *17*, вирішуючий пристрій *18*, декодер*19*, кінцевий пристрій прийому інформації *20*. Смуговий фільтр *8* та малошумливий підсилювач *15* підключають до диплексера *9*, з'єднаного з антеною *10*.

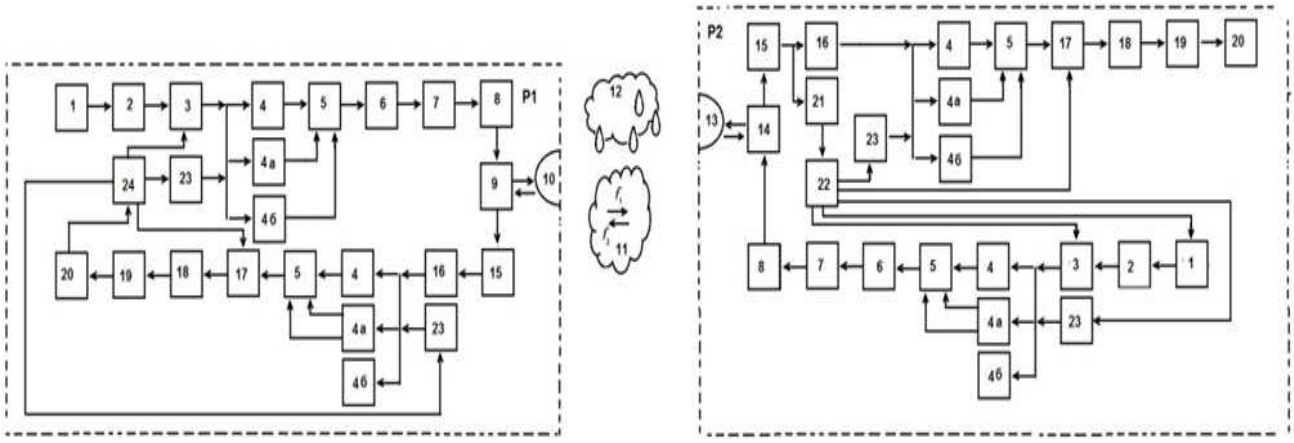

Рис. 2. Функціональна схема системи радіорелейного зв'язку з автоматичною зміною смуги пропускання приймачів радіорелейних станцій: Р1-радіорелейна станція 1, 1-джерело інформації, 2-кодер, 3-модулятор, 4-фільтр проміжної частоти, 4а,4б-фільтри проміжної частоти із зменшеною смугою пропускання, 5-підсилювач проміжної частоти, 6-перетворювач частоти1, 7-підсилювач потужності, 8-смуговаий фільтр 1, 9-диплексор 1, 10-антена 1 , 11-канал зв'язку –вільний простір (ефір), 12-дощова(снігова) хмара, Р2-радіорелейна станція 2, 13-антена 2 , 14-диплексор 2, 15-малошумливий підсилювач, 16-перетворювач частоти 2, 17-демодулятор, 18-вирішуючий пристрій , 19-декодер, 20-кінцевий пристрій прийому інформації, 21-вимірювач відношення сигнал/шум, 22-формувач сигналу керування 1, 23-перемикач фільтрів, 24-формувач сигналу керування 2.

Для реалізації автоматичної зміни смуги пропускання приймачів станцій здійснюється модернізація радіорелейних станцій *Р1* та *Р2*. В одній із станцій, для прикладу в станції *Р2*, до виходу малошумливого підсилювача *15* паралельно приєднується вимірювач відношення сигнал/шум *21* [3], до виходу якого підключаэться формувач сигналу керування 1 *22*, з'єднаний з перемикачем *23* паралельно включених фільтрів з різною смугою пропускання, яка відрізняється в 2 рази, *4 ,4а, 4б* (рис. 3). В станції *Р1* до виходу кінцевого пристрою прийому інформації *20* підключається формувач сигналу керування 2 *24*, який приєднується до перемикача фільтрів з різною смугою пропускання *23*.

Відомо, що швидкість передачі багатопозиційного фазоманіпульованого радіосигналу визначається формулою [4]

$$C = \Delta f_к \log M, \qquad (2)$$

де $\Delta f_к$ – смуга пропускання радіоканалу, що дорівнює практичній ширині спектру радіосигналу,

M-кількість позицій сигналу.

Для двійкового сигналу

$$M = 2^n, \qquad (3)$$

де n-кількість розрядів двійкового коду.

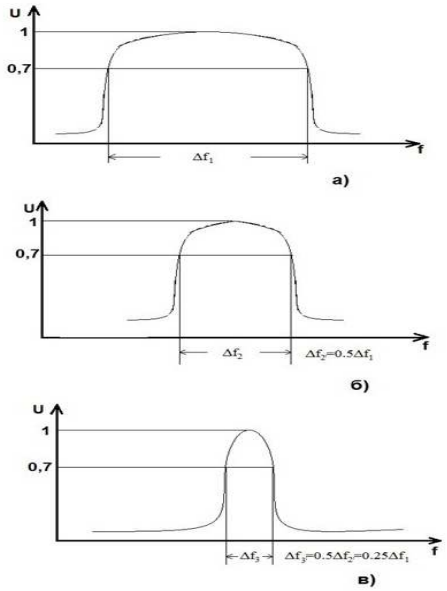

Рис. 3. Амплітудно-частотна характеристика фільтрів:
а), б), в) характеристики фільтрів з різними смугами пропускання

Очевидно, що зменшення смуги пропускання фільтрів і відповідно радіоканалу призведе до зменшення швидкості передачі інформації. Але автоматичне збільшення кількості позицій сигналу дозволить зберегти швидкість передачі інформації.

Висновки

1. При загасанні сигналу через опади в робочому діапазоні частот радіорелейних станцій (більше 1ГГц) зменшується відношення сигнал/шум та збільшується відповідно помилка прийому інформації.

2. Запропоновані спосіб та модернізовані радіорелейні станції дозволяють при збільшенні загасання сигналу через опади автоматично зменшувати смугу пропускання приймачів шляхом зміни фільтрів проміжної частоти, що призведе до покращення відношення сигнал/ шум, а також автоматично збільшити кількість позицій сигналу для збереження швидкості передачі інформації.

Література

1. Справочник по спутниковой связи и вещанию / Под ред. Кантора Л.Я. М.: Радио и связь, 1984. - 344с.
2. Каменский Н. Н., Модель А. М., Б.С.Найденеко и др. Под ред. Бородича С. В. Справочник по радиорелейной связи. М.: Радио и связь, 1981. - 211 с.
3. Челпанов В.В., Корнуков И.Ю., Марухленко С.И. Измеритель отношения сигнал-шум. ПатентRU2117954.
4. Скляр Б. Цифровая связь. М., С-Пб., К.: Вильямс, 2004. - 1104 с.

Семенко А.И., Шокотько А.А., Смилянський А.А. Способ улучшения отношения сигнал/шум в дуплексной цифровой радиорелейной системе связи при наличии осадков. Рассматривается дуплексная цифровая радиорелейная система связи, в которой имеет место затухание сигнала при наличии осадков, ухудшение отношения сигнал/шум и увеличение ошибки приема сисгнала. Предлагается создание модернизированных станций радиорелейной связи, которые позволяют автоматически возобновлять отношение сигнал/шум путем уменьшения полосы пропускания приемников и увеличения количества позиций сигнала для возобновления скорости передачи информации.
Ключевые слова: цифровая радиорелейная система, ошибка приёма сигнала, осадки, отношение сигнал/шум, полоса пропускання, фильтр промежуточной частоты.

A. Semenko, A. Shokotko, A. Smiljansky. The way to improve signal-to-noise ratio in a duplex digital radio-relay communication system in the case of precipitation. Duplex digital radio-relay communication system, that contains signal fading in the case of precipitation, deterioration of SNR and the rise of signal recept error is considered. The creation of extended radio-relay stations that permit to resume SNR automatically by means of receiver bandwidth narrowing and increasing the number of signal locations to resume the information rate is proposed.
Key words: digital radio-relay system, signal recept error, precipitation, signal-to-noise ratio (SNR), bandwidth, intermediate frequency filter.

Поступила 17.02.2014г.